

УДК 552.3/551.242.2

## ПОДВОДНЫЕ ГОРЫ СИСТЕМЫ ПОДНЯТИЙ МАРКУС-НЕККЕР (ТИХИЙ ОКЕАН): ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И МАГМАТИЗМА

© 2016 А.В. Артамонов

ФГБУН Геологический институт РАН, Москва, 119017; e-mail: anvlad970@mail.ru

Проведенное сравнение особенностей вулканизма гайотов мелового возраста, расположенных в разных частях протяженной системы внутриплитных поднятий Маркус-Неккер в Тихом океане, выявило значительные различия в геохимических характеристиках, слагающих их пород, что указывает на существование латеральной и (или) вертикальной мантийной неоднородности в этом регионе. Исследованные вулканические породы относятся к щелочным сериям. В отдельных случаях, в них наблюдается низкие значения  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ . Подобный вулканизм не характерен для большинства других внутриплитных поднятий Мирового океана. Отчетливых закономерностей между составом вулканических пород того или иного гайота, временем его формирования и (или) географическим положением не наблюдается. Незакономерное расположение разновозрастных подводных гор создает трудности при применении модели горячих точек для объяснения образования этой провинции внутриплитного магматизма. Положение подводных гор в структуре системы поднятий и всей этой системы в структуре дна Тихого океана не противоречит предположению об их связи с закономерной сетью разломных зон. Разломы способны инициировать плавление геохимически неоднородного верхнемантийного субстрата и приводить к формированию внутриплитных вулканических поднятий. Предполагается, что глубинные флюидные потоки могут быть еще одним фактором, приводящим к масштабному внутриплитному магматизму.

*Ключевые слова:* гайоты, вулканизм, мантийные плюмы, разломы, флюиды.

### ВВЕДЕНИЕ

Существование феномена внутриплитного магматизма, формирующего огромные по масштабу тектоно-магматические структуры, как в океане, так и на континентах, на сегодняшний день продолжает оставаться одной из наиболее дискуссионных проблем в современной геодинамике. Она, так или иначе, затрагивает многие геологические дисциплины. По мере увеличения объема получаемых данных по морфологии, геологическому строению, возрасту формирования конкретных внутриплитных структур и составу слагающих их пород возникает все больше вопросов о причинах и механизмах возникновения этого явления.

В океане с внутриплитным магматизмом связано образование поднятий, различных по морфологии, размерам и времени формирования. Наряду с обширными плато (Кергелен, Онтонг-Джава, Манихики и др.) и линейно-вытянутыми хребтами (Восточно-Индийский, Мальдивский, Китовый и др.) в океане широко распространены

острова и подводные горы, составляющие как протяженные цепи (Гавайско-Императорская, Лайн, Луисвилль и др.), так и более или менее изометричные скопления.

Концепция тектоники плит связывает проявления тектоно-магматических процессов, в первую очередь, с границами литосферных плит. Наличие внутриплитного магматизма и связанных с ним структур изначально не вполне укладывалось в исходные постулаты модели (Новая ..., 1974). Основываясь, в первую очередь, на часто наблюдаемом закономерном изменении времени вулканизма вдоль линейно-вытянутых внутриплитных поднятий в океане к началу 70-х годов прошлого века была сформулирована гипотеза о так называемых «горячих точках», которая к настоящему времени вошла во все учебники как составная часть общей концепции (Morgan, 1971; Wilson, 1963). Для объяснения процессов приведших к образованию большинства внутриплитных поднятий в океане используется идея о некоем универсальном механизме, связанным с существованием вертикальных мантийных

потоков вещества (плюмов) и их взаимодействием с движущейся литосферной плитой. Основными исходными положениями данной гипотезы являются, во-первых, очень большая глубина образования мантийных плюмов (наиболее часто речь идет о границе ядро-мантия, то есть глубине ~ 2900 км); во-вторых, их стационарность и, наконец, весьма значительная длительность существования (десятки миллионов лет).

Наряду с этим множество данных по строению конкретных внутриплитных структур и составу слагающих их пород не укладывается в предлагаемую модель. В частности, далеко не всегда наблюдается закономерное изменение возраста вулканизма вдоль простирания поднятий (Мазарович, 2000; Пейве, 2002; Smoot, 1999 и др.). Появляются данные, противоречащие тезису о стационарности мантийных плюмов (Shipboard Scientific Party, 2002). Все больше работ выявляют весьма значительные различия по ряду параметров у конкретных внутриплитных структур в океане. При этом попытки встроить эти факты в рамки плюмовой модели приводят к ее существенному усложнению (Courtillot et al., 2003). В статье В.Н. Пучкова (2009) рассматривается дискуссия вокруг концепции мантийных плюмов, сделан обзор различных представлений о природе внутриплитных тектоно-магматических процессов и приведен обширный список литературы по данной проблеме.

Сомнения в том, что простой плюмовой моделью можно объяснить формирование некоторых протяженных внутриплитных поднятий в Индийском и Атлантическом океанах возникли и у автора данной статьи при изучении вулканизма Маскаренского, Мальдивского, Восточно-Индийского, Китового хребтов и плато Кергелен (Артамонов, Золотарев, 2002, 2003, 2008). Отличных от гипотезы о мантийных плюмах взглядов на генезис этих структур придерживаются многие исследователи (Кашинцев, 2001; Кашинцев и др., 2000; Непрочнов и др., 1979; Пущаровский, 1995; Удинцев, 1987; Удинцев, Коренева, 1980 и др.). Таким образом, предполагаемая универсальность плюмовой модели в применении к различным по морфологии, возрасту, геологии и геохимии внутриплитным океаническим поднятиям представляется далеко не бесспорной.

Предлагаемая статья посвящена особенностям строения и магматизма другого своеобразного типа внутриплитных океанических структур — гайотов. Гайот представляет собой вулкан, вершина которого достигала дневной поверхности, была подвержена абразии, затем погрузилась на глубину. Чаще всего, на созданной ровной поверхности формируется коралловый риф (Мазарович, 2006). Наиболее широко

они распространены в западной части Тихого океана.

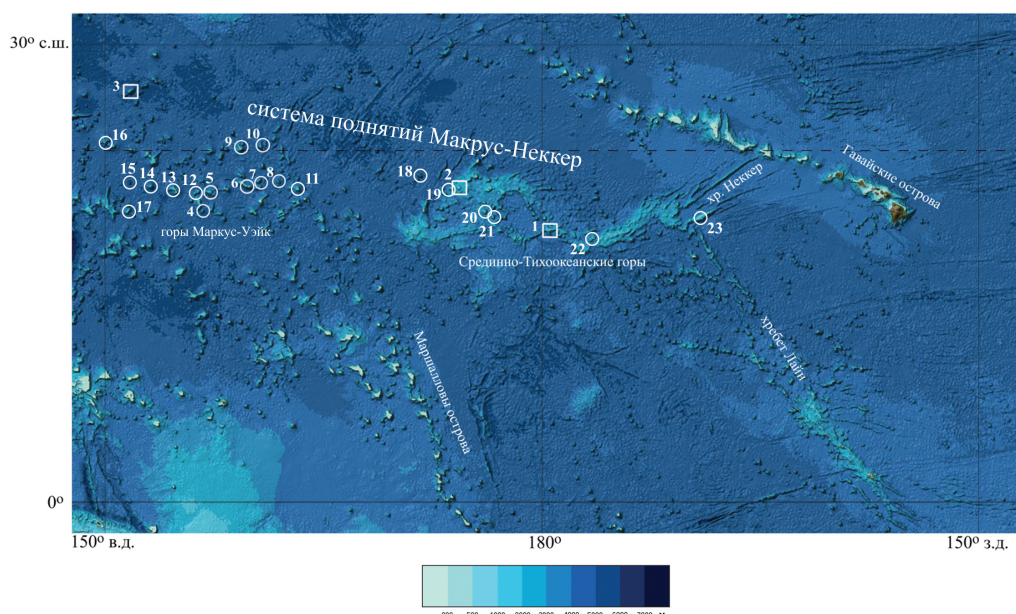
Западная часть Тихого океана, обладая множеством геологических, геофизических и геохимических особенностей, занимает особое место в структуре океанского дна. Рассмотрение строения и особенностей вулканизма подводных гор, расположенных в этом районе представляется крайне важным при обсуждении причин возникновения внутриплитной магматической активности в океане.

Обсуждаемые в статье гайоты расположены в разных частях обширной провинции внутриплитного магматизма Маркус-Неккер на значительном расстоянии друг от друга. Система поднятий Маркус-Неккер протягивается широкой полосой примерно вдоль 20° с.ш. на расстояние около 5000 км (рис. 1), что сопоставимо по протяженности с такими линейными поднятиями, как Гавайско-Императорская цепь подводных гор, Восточно-Индийский хребет и др.

Особенности геологического строения и вулканизма ряда подводных гор группы Маркус-Уэйк и Срединно-Тихоокеанских гор, которые являются составными частями системы поднятий Маркус-Неккер, обсуждаются во многих публикациях российских и зарубежных геологов. Опубликовано и несколько крупных отечественных обобщающих работ (Васильев, 2009; Гайоты ..., 1995; Голубева, 2009; Петрологические ..., 1996 и др.), в которых приведены, в частности, данные о составах магматических пород, драгированных в этом районе Тихого океана, а также обширная библиография. Кроме того, для некоторых гайотов рассматриваемого района опубликованы результаты изотопных исследований образцов вулканических пород и получены их возрастные характеристики (Koppers et al., 1995, 2003; Staudigel et al., 1991 и др.). Особенности морфологии внутриплитных поднятий западной части Тихого океана и расположенных здесь гайотов рассматриваются в работах Н. Смута (Smoot, 1989, 1999).

Важным моментом при рассмотрении особенностей вулканизма провинции Маркус-Неккер является возможность использования материалов, полученных при бурении скважин на гайотах Аллисон (скв. 865А), Резолюшн (скв. 866А) и МИТ (скв. 878А) в ходе 143-го и 144-го рейсов судна «Джоидес Резолюшн» в рамках Программы океанического бурения Ocean Drilling Program (ODP). Гайоты Аллисон и Резолюшн расположены в пределах Срединно-Тихоокеанских гор. Гайот МИТ — это отдельное поднятие у западного края группы подводных гор Маркус-Уэйк (рис. 1).

Детальное описание керн этих скважин и результаты его изучения приведены в



**Рис. 1.** Фрагмент Генеральной Батиметрической карты океанов (GEBCO) 2013 г. (<http://www.gebco.net>), на котором показано положение системы поднятий Маркус-Неккер. Масштаб 1:35 000 000. На цветовой шкале указана глубина в метрах ниже среднего значения уровня моря. Белыми контурами с цифрами отмечены гайоты, которые рассматриваются в статье. Прямоугольники — гайоты, на которых пробурены скважины ODP: 1 — Аллисон; 2 — Резолюшн; 3 — МИТ; круги — гайоты, на которых драгированы образцы магматических пород (Петрологические ..., 1996), а также гайоты, имеющие возрастные датировки вулканитов: 4 — Батиса; 5 — Мэлони; 6 — Ламонт; 7 — Лэдд; 8 — Майями; 9 — Скриппс; 10 — Ван-Уикхаус; 11 — Уайлд; 12 — Дженнингс; 13 — Мисси; 14 — Голден Драгон; 15 — Химу; 16 — Алькатрас; 17 — Хемлер; 18 — Дарвин; 19 — Хизен; 20 — Стетсон; 21 — Жаклин; 22 — Ренард; 23 — Хорайзн.

материалах, опубликованных по результатам соответствующих рейсов ODP (Haggerty et al., 1995; Premoli Silva et al., 1993; Sager et al., 1993; Winterer et al., 1995). Для изучения геохимии и поствулканических преобразований вулканитов сотрудниками Геологического института РАН была отобрана представительная коллекция образцов из керна этих скважин. Результаты этого изучения были широко использованы при написании предлагаемой статьи. Ранее особенности вторичного изменения пород фундамента гайотов с использованием образцов этой коллекции были обсуждены в работах (Kurnosov et al., 1995, 2008). В работе (Kurnosov et al., 2008) приведены детальные петрографические описания, таблицы химических составов обсуждаемых в статье образцов, а также их краткая геохимическая характеристика. Эти данные доступны на сайтах ([http://ginras.ru/library/pdf/581\\_2008\\_kurnosov\\_et\\_al\\_upper\\_oceanic\\_crust.pdf](http://ginras.ru/library/pdf/581_2008_kurnosov_et_al_upper_oceanic_crust.pdf); [http://atlantic.ginras.ru/download/books/TechNote\\_Alteration\\_Effect\\_2008.pdf](http://atlantic.ginras.ru/download/books/TechNote_Alteration_Effect_2008.pdf)).

В цели данной статьи входило, используя различные опубликованные данные, рассмотреть геохимические особенности вулканизма вдоль простирания системы поднятий Маркус-Неккер и выявить их возможные зависимости от пространственного расположения и возраста формирования подводных гор. Затем,

опираясь на полученные результаты такого сопоставления, а также на имеющиеся данные по геоморфологии и геологическому строению подводных гор в этом районе Тихого океана обсудить насколько эти данные соответствуют предлагаемым моделям их формирования.

#### ПОЛОЖЕНИЕ ВНУТРИПЛИТНЫХ ПОДНЯТИЙ В СТРУКТУРЕ ДНА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Тихий океан существенно отличается по геологическому строению и истории развития от Атлантического и Индийского. На карте рельефа его дна отчетливо выделяются сегменты с преобладанием разных форм рельефа. Наиболее контрастно выглядят северо-восточный и северо-западный сегменты. В свое время граница между ними была определена как «великий тихоокеанский геораздел» (Красный, 1978).

Для Тихого океана характерно очень широкое распространение различных типов внутриплитных поднятий. В частности, широко представлены цепи вулканических гор, атоллов и островов (Гавайско-Императорская, Лайн, Французской Полинезии и др.). Закономерное изменение возраста вулканизма вдоль простирания структуры наблюдается



# КРАТКОЕ ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДНЯТИЙ МАРКУС-НЕККЕР

далеко не везде (Smoot, 1999). В Тихом океане насчитывается десятки тысяч подводных гор и гайотов, но распространены они неравномерно. В западной его части подводные горы образуют крупные цепи и группы, такие как Маркус-Неккер, Магеллановы, Маршалловы и др. (Васильев, 2009; Пушаровский, Меланхолина, 1992; Удинцев, 1987 и др.).

Именно в Тихом океане гайоты были выделены как отдельный морфологический тип поднятий, представляющий собой изолированные подводные горы с плоской выровненной вершиной (Hess, 1946). Обычно они рассматриваются как вулcano-тектонические структуры, у которых фундамент представлен толеитовыми и щелочными базальтами, а среди осадочных пород особенно широко развиты рифогенные известняки (Гайоты ..., 1995).

Район размером около 10 000 км на 4000 км в центре Тихого океана, который включает в себя такие системы подводных гор как Срединно-Тихоокеанские, Маркус-Уэйк, Маршалловы острова, хребет Лайн с меловым возрастом вулканизма, в 60-х годах прошлого века было предложено рассматривать как ныне исчезнувшее поднятие, названное Менардом «поднятием Дарвина» (Менард, 1966). Здесь фиксируется большое количество гайотов. Излияния базальтовых лав при их формировании большей частью проходили в мелководных или наземных условиях (Васильев, 2009). В настоящее время вершинные поверхности большинства гайотов находятся на глубинах свыше 1 км и для них очень часто характерно наличие в составе осадочной толщи мелководных карбонатных пород мощностью в несколько сотен метров. Эти факты указывают на весьма значительные амплитуды вертикальных движений. С позднего мела этот район океанского дна испытывал нарастающее погружение, достигающее 2–3 км (Гайоты ..., 1995; Хаин, 2001; Хворова, 1993). В последнее время, наиболее часто, многочисленные внутриплитные поднятия здесь, предлагается рассматривать, как результат действия мелового суперплюма (Larson, 1991) — некоего аналога современного южно-тихоокеанского суперплюма, ответственного за формирование цепей подводных гор в районе Французской Полинезии.

В свою очередь, геохимические и геофизические характеристики, свойственные этому юго-западному району дна Тихого океана, позволили выделить его в так называемую «Южно-Тихоокеанскую Изотопную и Температурную Аномалию» (ЮТИТА или SOPITA в латинской транскрипции). В пределах этой территории выделяют до 10 «горячих точек» (Koppers et al., 1995, 2003; Staudigel et al., 1991).

Система поднятий Маркус-Неккер делит северо-западный сектор Тихого океана на северную и южную части, простираясь от поднятия Огасавара на западе до Гавайской цепи (о. Неккер) на востоке (145° в.д.–166° з.д.; 14°–27° с.ш.). Она включает в себя группы подводных гор Маркус-Уэйк, Срединно-Тихоокеанские и хребет Неккер (рис. 1). Общая протяженность этой системы поднятий достигает 5000 км. В пределах этой структуры сосредоточено около 300 подводных гор и гайотов (Васильев, 2009).

Группа подводных гор Маркус-Уэйк, расположенная в западной части системы поднятий Маркус-Неккер, протягивается в субширотном направлении на 2200 км при ширине 300–600 км. В ней насчитывается около 80 гор, в том числе атоллы Маркус и Уэйк. Размеры гайотов колеблются от 5–10 до 40–45 км в диаметре основания. Вершины гор располагаются на глубинах от 0 (атоллы) до 3500 м. Горы располагаются на общем валообразном поднятии, возвышающемся над дном смежных котловин на 300–400 м (Васильев, 2009).

К востоку от подводных гор Маркус-Уэйк расположена более возвышенная и монолитная часть системы поднятий известная под названием Срединно-Тихоокеанских гор или гор Мид-Пацифик. Северо-восточнее располагается узкий резко выраженный в рельефе хребет Неккер протяженностью 600 км при ширине 30 км, примыкающий с востока к Гавайскому поднятию. Общая протяженность этих структур в широтном направлении составляет 2100 км. Ширина поднятия Срединно-Тихоокеанских гор колеблется от 400–450 км до 1000 км. Западная его часть значительно шире, чем восточная. Подошва поднятия находится на глубине 5000 м. В пределах Срединно-Тихоокеанских гор насчитывается около 50 гор и гайотов, сгруппированных в массивы и хребты субширотного или северо-восточного простирания. Диапазон глубин, на которых расположены вершины гор, очень широк, от 30–50 до 3000–3500 м. Мощность земной коры в восточной части поднятия превышает 8 км (Васильев, 2009).

Хребет Неккер, связывающий Срединно-Тихоокеанские горы и Гавайскую цепь, по мнению Ю.М. Пушаровского и Е.Н. Меланхолиной (1992, стр. 31), возник в сравнительно недавнее время и его разломная природа очевидна, а в целом «субширотное поднятие Маркус-Неккер представляет собой сложную позитивную тектоно-вулканическую структуру, в формиро-

нии которой определяющая роль принадлежит системе крупных разрывных нарушений».

Широтное простираание системы поднятий Маркус-Неккер диссонирует с азимутами простираания большинства из многочисленных западно-тихоокеанских цепей внутриплитных поднятий. Ее формирование происходило за счет внутриплитного вулканизма в течение значительного интервала времени, порядка 40-50 млн лет (Хаин, 2001). Закономерного последовательного изменения возраста вулканизма вдоль простираания структуры не наблюдается (Седов и др., 2005; Koppers et al., 2003). Вулканизм мелового возраста, сформировавший большое количество подводных гор и гайотов развивался на наиболее древней океанической коре позднеюрского — раннемелового возраста. В этом районе наблюдается очень сложная картина полосовых магнитных аномалий, а на обширной площади океанического дна магнитные аномалии вообще не фиксируются (Janney, Castillo, 1996). Приводимые общие петролого-геохимические характеристики внутриплитного магматизма этого района указывают на его особенности, в основном не свойственные в таком виде подавляющему числу других провинций Мирового океана (Петрологические ..., 1996). Часто в тех случаях, когда в океане описываются проявления внутриплитного магматизма щелочного состава, они находятся в подчиненном положении к преобладающим лавам толеитового состава, как это характерно для Гавайско-Императорской цепи подводных гор. Здесь же имеющиеся на сегодняшний день данные указывают на абсолютное доминирование вулканитов щелочных серий.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА СКВАЖИН, ПРОБУРЕННЫХ НА ГАЙОТАХ АЛЛИСОН, РЕЗОЛЮШН И МИТ

При обсуждении геохимических особенностей вулканизма формирующего подводные горы в данной статье были использованы результаты изучения, как драгированных образцов, так и материалы, полученные при бурении глубоководных скважин. Наличие драгированных образцов позволяет рассмотреть особенности вулканизма в пределах очень значительного по протяженности района. Данные, полученные при бурении, обладают, в свою очередь, рядом преимуществ, среди которых известное положение образца в скважине и ее жесткая географическая привязка, что дает возможность рассматривать эволюцию конкретного гайота во времени. Кроме того, в данном случае, для образцов из скважин имеется более полный набор геохимических данных. Поэтому более подробно остановимся на результатах,

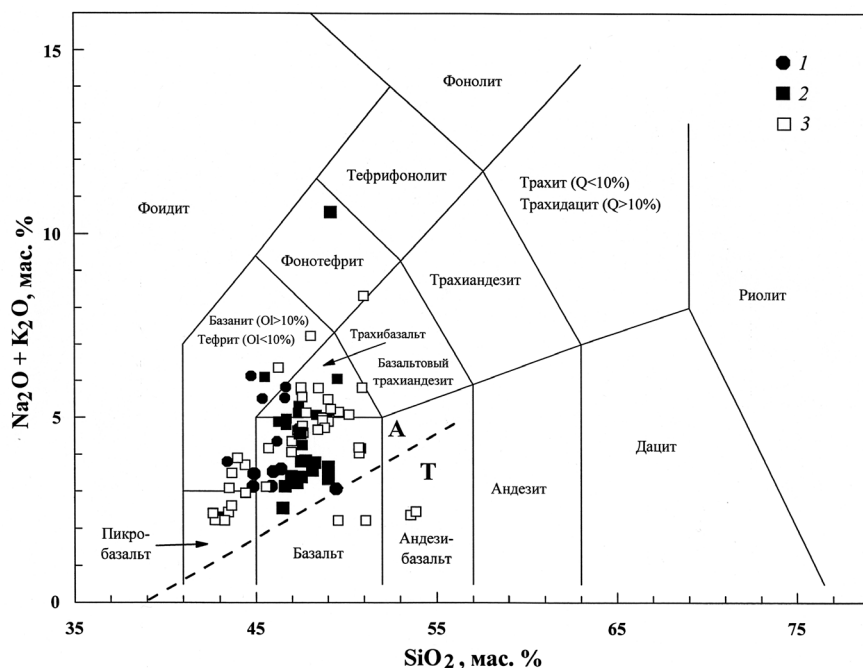
полученных при изучении керна скважин на гайотах Аллисон, Резолюшн и МИТ.

**Гайот Аллисон** находится в центральной части провинции Срединно-Тихоокеанских подводных гор. Вершинная поверхность гайота в районе бурения скважины 865А (18°26.41' с.ш., 179°33.339' в.д.) находится на глубине 1518.4 м. Скважина вскрыла сверху вниз 139 м нижнепалеоцен-четвертичных пелагических осадков и 698 м верхне альбских мелководных известняков. Глубже 837.8 м наблюдается переслаивание известняков с тремя базальтовыми потоками или силами. Общая мощность вскрытых базальтов составляет 33 м. Предполагается, что эти магматические тела представляют наиболее поздний импульс вулканической активности гайота Аллисон, а собственно фундамент залегает ниже (Sager et al., 1993).

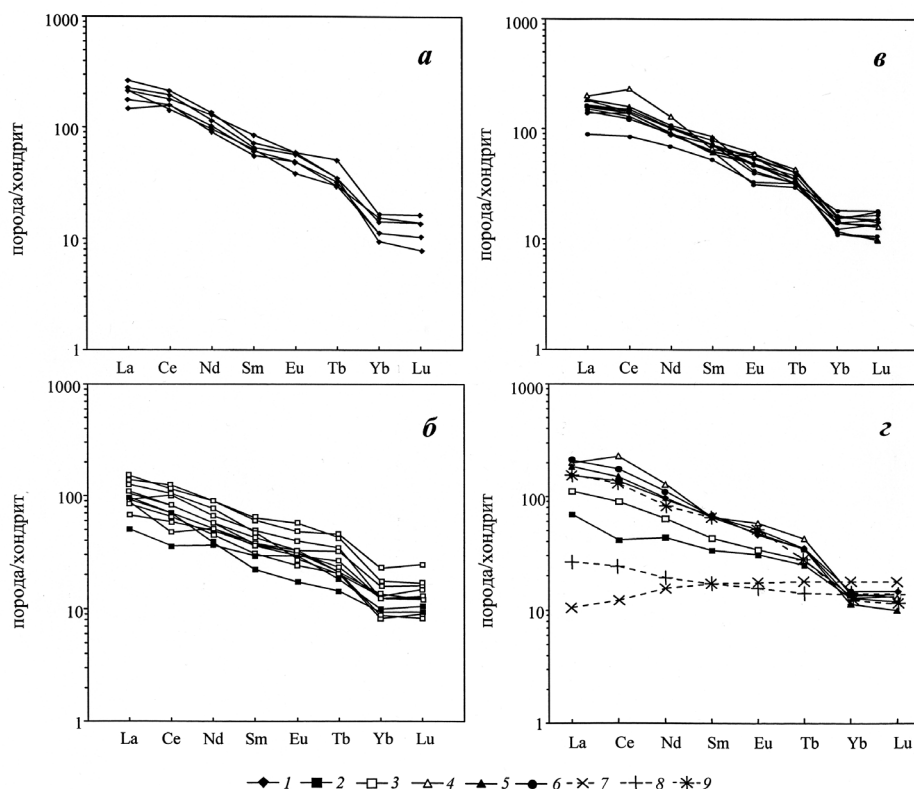
В ходе изучения вулканизма гайота Аллисон было получено 5 возрастных датировок базальтов, полученных  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом (Pringle, Duncan, 1995a). Возраст определен для двух образцов из среднего наиболее мощного потока, вскрытого скважиной, и трех драгированных образцов. Для базальтов из скважины возраст составил  $111.1 \pm 1.3$  и  $104.9 \pm 2.0$  млн лет. Драгированные образцы обладают более широким диапазоном значений —  $109.0 \pm 2.7$ ,  $102.7 \pm 2.7$  и  $85.6 \pm 1.3$  млн лет. Лучшей оценкой возраста для наиболее раннего этапа вулканизма гайота Аллисон предложено считать  $110.7 \pm 1.2$  млн лет (Pringle, Duncan, 1995a). Таким образом, полученные результаты указывают на то, что вулканизм в этом районе имел место в течение значительного интервала времени ~ 25 млн лет.

Все изученные образцы вулканитов из выделенных в данной скважине потоков (units) представляют собой близкие по химическому составу щелочные базальты (рис. 2), обладающие афировой или порфировой структурами (Baker et al., 1995; Kurnosov et al., 1995). Количество вкрапленников в порфировых (оливиновых и оливин-плаггиоклазовых) разностях колеблется от 5 до 25%. Большинство базальтов сильно изменены (Kurnosov et al., 1995, 2008). Соотношение Zr, Nb и Y иллюстрирует принадлежность изученных пород к внутриплитным щелочным базальтам (Kurnosov et al., 2008), а концентрации и характер распределения РЗЭ в изученных базальтах из скв. 865А типичны для внутриплитных обстановок и позволяют отнести их к единой геохимической группе (рис. 3).

**Гайот Резолюшн** расположен в 716 км к северо-западу от гайота Аллисон в западной части Срединно-Тихоокеанских подводных гор. Магматические породы фундамента этого гайота были вскрыты скважиной 866А (21°19.953' с.ш., 174°18.844' в.д.), расположенной на северном



**Рис. 2.** Диаграмма ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) –  $\text{SiO}_2$  (A classification ..., 1989) для базальтов из скважин на гайотах Аллисон, Резолюшн и МИТ. Фигуративные точки составов пород: 1 — скв. 865А (гайот Аллисон); 2 — скв. 866А (гайот Резолюшн); 3 — скв. 878А (гайот МИТ). Пунктирной линией показана граница между полями толеитовых (Т) и щелочных (А) вулканических пород по (Macdonald, 1968). При построении диаграммы использованы данные химического состава пород из работы (Kurnosov et al., 2008), которые были пересчитаны на безводный остаток и приведены к 100%.



**Рис. 3.** Диаграммы распределения РЗЭ, нормированных по хондриту (Sun, McDonough, 1989), для вулканических пород из скважин на гайотах Аллисон (*а*), Резолюшн (*б*) и МИТ (*в*), а также диаграмма распределения РЗЭ для средних составов вулканитов из выделенных в скважинах геохимических групп (*г*): 1 — скв. 865А; 2 — скв. 866А (группа с высокими значениями Zr/Nb); 3 — скв. 866А (группа с низкими значениями Zr/Nb); 4 — скв. 878А (верхние потоки); 5 — скв. 878А (центральные потоки); 6 — скв. 878А (нижние потоки); 7 — N-MORB; 8 — E-MORB; 9 — OIB. Таблицы химического состава пород из скважин представлены в работе (Kurnosov et al., 2008). Составы N-MORB, E-MORB и OIB взяты из работы (Sun, McDonough, 1989).

краю гайота в 1.5 км от кромки его выровненной вершинной поверхности. Глубина воды над скважиной составляет 1346 м. Скважиной вскрыто 1620 м в основном мелководных известняков баррем-альбского возраста и 123.6 м базальтов фундамента, излияния которых проходили в субаэральной обстановке (Sager et al., 1993). Вскрытая скважиной базальтовая толща разделена на 12 потоков (units), мощность которых варьирует от 4 до 26 м. Отдельные потоки разделены полуметровыми насыщенными обломками интервалами, являющимися результатом процесса субаэрального выветривания базальтов (Sager et al., 1993).

Базальты из данной скважины представляют собой оливиновые, плагиоклаз-оливиновые и пироксен-оливин-плагиоклазовые порфировые разности с различным содержанием в них вкрапленников (от 1 до 35%) и относятся к щелочным разностям (рис. 2) (Baker et al., 1995; Kurnosov et al., 1995, 2008). Степень изменения базальтов варьирует очень значительно (Kurnosov et al., 1995; Kurnosov et al., 2008). Фигуративные точки состава изученных образцов на классификационной диаграмме Zr-Nb-Y ложатся в поля внутриплитных толеитов и щелочных базальтов (Kurnosov et al., 2008). О формировании базальтов скв. 866А из обогащенного внутриплитного источника говорит и характер распределения РЗЭ (рис. 3). На основании отношений ряда некогерентных элементов, таких как Nb/Zr, La/Sm и др., Бейкером с соавторами (Baker et al., 1995) базальты скв. 866А были разделены на три геохимические группы с разными значениями этих параметров.

Данные о возрасте базальтов, относящихся к разным частям разреза скв. 866А и представляющих различные геохимические группы, были получены  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом (Pringle, Duncan, 1995a). Согласно этим данным формирование вскрытой базальтовой толщи происходило в интервале 120-128 млн лет назад. Авторы предлагают оценивать возраст образования фундамента в  $127.6 \pm 2.1$  млн лет. Закономерного увеличения возраста вулканитов с глубиной не наблюдается. Этот факт позволяет предполагать, что некоторые из выделенных потоков представляют собой силлы, средний возраст которых  $121 \pm 1.6$  млн лет.

Таким образом, приблизительно через 6 млн лет после основной фазы формирования магматического фундамента произошел еще один этап магматической активности. При этом базальты этой более молодой фазы относятся к выделенной «деплетированной» геохимической группе, в отличие от более древних обогащенных редкими элементами лав. Различия в составе пород, относящихся к разновозрастным

геохимическим группам трудно объяснить процессами фракционной кристаллизации (Baker et al., 1995).

**Гайот МИТ**, самый западный из рассматриваемых, расположен вблизи группы подводных гор Уэйк, локализованной в районе  $18^{\circ}$ – $28^{\circ}$  с.ш. (Premoli Silva et al., 1993). Скважина 878А ( $27^{\circ}19.143'$  с.ш.,  $151^{\circ}53.028'$  в.д.) была пробурена на южном краю гайота МИТ на глубине 1323.2 м и проникла в породы океанского дна на 910 м. Осадочная толща состоит из 3.2 м пелагических осадков (ранний плейстоцен — поздний альб) и 722.54 м карбонатов и полимиктовых базальт-карбонатных брекчий (альб — ранний апт). Базальтовый фундамент вскрыт на глубину 185.34 м. Толща полимиктовых брекчий имеет мощность 204.56 м и от фундамента она отделена 118.24 м карбонатов. Брекчии интерпретируются как продукты серии газовой-магматических взрывов (Premoli Silva et al., 1993).

Толща фундамента включает в себя 24 лавовых и три вулканокластических потока. Выделенные лавовые потоки представляют три отдельных этапа вулканизма, разделенных горизонтами измененных обломочных и глинистых пород, отражающих периоды выветривания в эволюции поднятия. Верхний вулканический интервал составляют два потока гавайитов, общей мощностью 7.38 м, расположенные непосредственно под толщей осадков. 7 потоков базанитоидов, отделенные от гавайитов зоной выветривания, представляют средний вулканический интервал, мощностью около 46 м. Нижний 110-ти метровый интервал слагают 15 потоков базанитоидов и щелочных оливиновых базальтов. Участниками 144-го рейса ODP среди пород фундамента были выделены 7 петрографических типов (Premoli Silva et al., 1993).

Вулканические породы (гавайиты, базаниты, оливиновые щелочные базальты), вскрытые скважиной 878А, являются представителями щелочных серий, и по соотношению Zr-Nb-Y (Kurnosov et al., 2008) и характеру распределения РЗЭ (рис. 3) могут быть отнесены к внутриплитным щелочным базальтам, однако на диаграмме ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) —  $\text{SiO}_2$  четыре образца легли в поле толеитовых составов (рис. 2).

Возрастные  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датировки были получены для каждого этапа вулканизма гайота. Значения возраста определены для трех образцов щелочных оливиновых базальтов из нижнего интервала. Средний возраст этой толщи составляет  $122.9 \pm 0.9$  млн лет. Образец базанита из средней части фундамента имеет возраст  $121.7 \pm 1.6$  млн лет. Гавайиты верхних частей фундамента были сформированы  $119.6 \pm 1.6$  млн лет назад (Pringle, Duncan, 1995b).



ВОЗРАСТ ВУЛКАНИЗМА ГАЙОТОВ  
СИСТЕМЫ ПОДНЯТИЙ МАРКУС-НЕККЕР

Помимо гайотов Аллисон и Резолюшн, были опубликованы данные возраста вулканизма, формировавшего еще несколько подводных гор, относящихся к поднятию Срединно-Тихоокеанских гор. Возраст вулканизма гайота Хизен оценивается 123.1 млн лет, гайота Жаклин — 98.5 млн лет, а гайота Ренард — 88.5 и 74.8 млн лет (Clouard, Bonneville, 2005). На гайоте Хорайзн, расположенном на крайнем востоке поднятия вблизи его сочленения с хребтом Лайн, базальты образовались 85–105 млн лет назад (Гайоты ..., 1995). Для гайотов Стетсон и Дарвин возраст вулканизма указывается 98.5 и 117–121 млн лет, соответственно (Smoot, 1999). Имеющиеся данные указывают на отсутствие строгой закономерности между временем вулканизма и географическим положением гайота.

В ряде работ приводятся данные возрастного датирования вулканических пород поднятых с гайотов, относящихся к группе подводных гор Маркус-Уэйк (Седов и др., 2005; Clouard, Bonneville, 2005; Koppers et al., 2003 и др.). Географически гайоты этой группы предлагается разделять на две подгруппы — северную и южную, протяженность которых составляет более 900 км. Обе эти подгруппы имеют параллельные простирания и перегибы, в которых они меняются с ЗСЗ на ВСВ (Koppers et al., 2003). Возрастные датировки для северной подгруппы имеются для гайота Алькатрас (112.7 млн лет), расположенного в западной ее части, и гайота Скриппс (101.4 млн лет), находящегося на востоке цепи. Гайоты южной подгруппы опробованы значительно лучше. Приводятся данные о возрасте вулканизма на гайотах Химу (119.9 млн лет), Голден Драгон (102.1 и 95 млн лет), Мисси (96.7 млн лет), Дженнингс (103.4 млн лет), Мэлони (100.8 и 97.7 млн лет), Ламонт (87.2 и 81.6 млн лет), Майами (96.8 млн лет). Такой порядок перечисления соответствует положению подводных гор вдоль простирания цепи с запада на восток (Седов и др., 2005; Koppers et al., 2003). Из подобной линейной схемы выпадают гайоты Хемлер (100.1 млн лет), Батиса, Уайлд (90.6 и 86.4 млн лет). Необходимо заметить, что подобная «широтная» группировка гайотов не выглядит однозначной и безупречной. Например, вполне допустима схема, связывающая расположение гайотов с разломными зонами разной ориентировки (Седов и др., 2005).

ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ВУЛКАНИЗМА ГАЙОТОВ ПОДНЯТИЯ  
МАРКУС-НЕККЕР

Для сравнительного анализа составов вулканических пород из различных сегментов системы внутриплитных поднятий Маркус-Неккер были использованы данные изучения 75 образцов из керна скважин на гайотах Аллисон, Резолюшн и МИТ, отобранных сотрудниками Геологического института РАН (Kurnosov et al., 2008). Для характеристики состава вулканитов, слагающих подводные горы группы Маркус-Уэйк, при написании статьи использовались данные, опубликованные в работе (Петрологические ..., 1996).

Необходимо отметить, что практически все рассмотренные в статье образцы вулканитов, полученные при бурении, в той или иной степени подверглись вторичному преобразованию. При этом не удалось выявить какую-либо отчетливую зависимость между степенью изменения породы и ее составом в конкретном образце. В данной работе использованы составы всех имеющихся образцов, а при построении петрохимических диаграмм содержания порообразующих элементов пересчитывались на безводный остаток и приводились к 100%. Такой же пересчет был проведен и для драгированных образцов. Основное внимание при выявлении особенностей геохимии вулканических пород изученных гайотов уделялось элементам, которые наименее подвижны при процессах их поствулканического преобразования, а также отношениям этих элементов.

Для гайотов, принадлежащих группе Маркус-Уэйк, И.Н. Говоров с соавторами (Петрологические ..., 1996) сформулировали ряд положений касающихся особенностей их магматизма и происхождения. Отмечается отличие характера вулканизма поднятия Маркус-Уэйк от вулканизма гавайского типа. Набор пород, драгированных в пределах гор Маркус-Уэйк, был отнесен авторами к двум характерным ассоциациям — анкарамитовой и трахибазальтовой. В составе обеих ассоциаций описан широкий спектр щелочных вулканических пород. Наиболее распространены в описываемом районе анкарамитовые базальты и долериты. Океаниты драгированы со склонов гайотов Мэлони и Батиса. Трахибазальты характерны практически для каждого исследованного массива. Тристаниты отмечены на гайоте Лэдд, а фонолиты подняты с гайота Батиса. Указывается, что анкарамиты, трахибазальты и тристаниты были обнаружены и в области Срединно-Тихоокеанских гор. Отмечено различие по типу щелочности пород анкарамитовой (K-Na серия) и гавайской



ассоциаций (Na серия). Толеитовые базальты, преобладающие в гавайской ассоциации, среди пород гор Маркус-Уэйк распространены незначительно. Проведенное исследование позволило авторам работы (Петрологические ..., 1996) сделать вывод о наличии единого анкарарит-трахибазальтового ансамбля, принципиально отличающегося от толеит-гавайит-трахитового ансамбля гавайского типа.

По содержанию кремнезема и сумме щелочей вулканиды из рассматриваемых скважин ожидаемо относятся к породам щелочных серий (рис. 2). Наблюдается весьма значительный разброс значений этих параметров в каждой из скважин (Kurnosov et al., 2008). Очень сильные колебания наблюдаются в породах скважин для значений отношения  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ . Максимальным разбросом этого отношения характеризуются базальты скв. 866А (от 0.25 до 7.74), а наиболее низкими его значениями обладают вулканиды из скв. 865А (0.28–2.67) (Kurnosov et al., 2008). При этом для всех скважин характерна обратная зависимость между значениями  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (рис. 4). Поля составов драгированных образцов группы подводных гор Маркус-Уэйк на диаграмме  $(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}) - (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  в целом перекрываются, образуя область, в которую попадает и значительное количество образцов из скважин. Обособленно расположены на диаграмме поля составов тристанитов гайота Лэдд и фонолитов гайота Батиса, для которых характерны высокие значениями суммарной щелочности и низкие значения  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  (Петрологические ..., 1996).

Необходимо отметить широкий диапазон значений коэффициента магнезиальности, свойственный изученным породам (Петрологические ..., 1996; Kurnosov et al., 2008).

На диаграммах  $\text{La}_n/\text{Yb}_n - \text{Zr}/\text{Nb}$  (рис. 5) и  $\text{Ti}/\text{Zr} - \text{Zr}/\text{Nb}$  (рис. 6), которые позволяют оценить геохимические особенности исходных составов магматических источников, видно, что формирование вулканических пород обсуждаемых западно-тихоокеанских гайотов связано с разными по составу первичными расплавами. Более того, наличие геохимических групп пород, наблюдаемых в пределах отдельной скважины трудно объяснить процессами дифференциации вещества. Наиболее контрастно выглядят составы базальтов из скважин 865А и 866А, относящиеся к Срединно-Тихоокеанским горам. Они различны по всем этим параметрам и образуют на диаграммах отдельные практически не перекрывающиеся поля (рис. 5, 6).

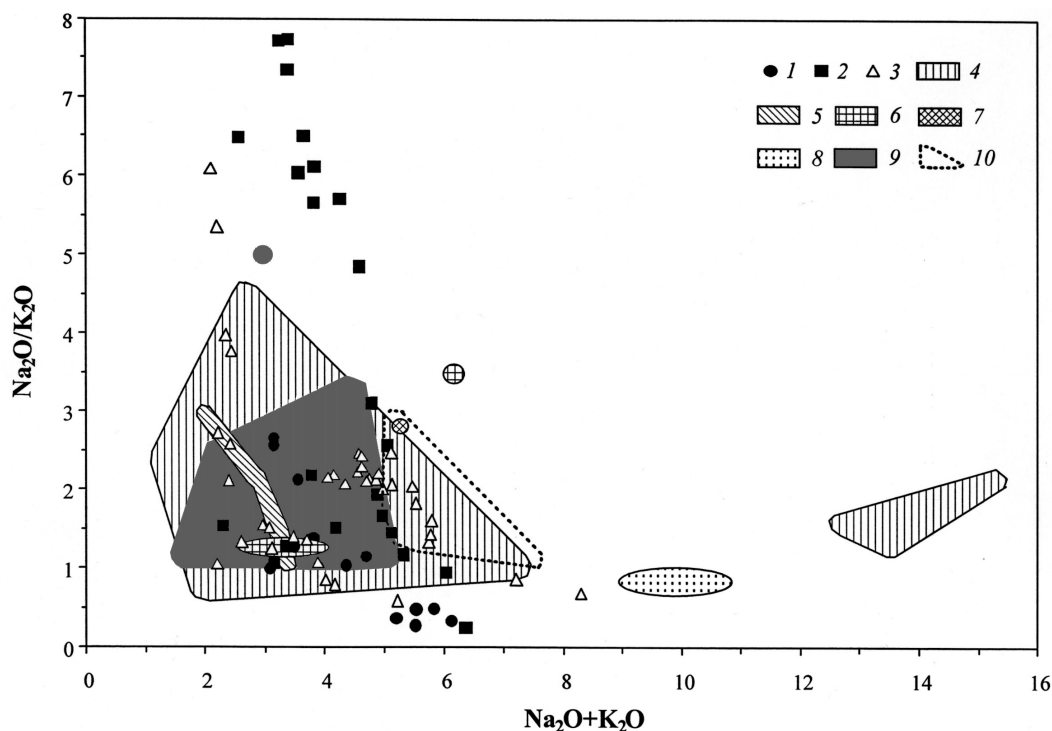
Различными значениями отношений  $\text{Ti}/\text{Zr}$  и  $\text{Zr}/\text{Nb}$  характеризуются отдельные лавовые потоки в скв. 878А. В целом в скважине наблюдаются широкие интервалы значений этих

отношений. Часть образцов из этой скважины очень близка по обоим параметрам к щелочным базальтам скв. 865А. Это в частности относится к гавайитам верхнего вулканического интервала. В то же время при сравнении с породами из скв. 866А видно, что большая их часть близка по одному из параметров, отличаясь по другому (рис. 6). По значениям  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$  образцы верхнего и центрального вулканического интервалов скв. 878А очень близки к щелочным базальтам скв. 865А. Щелочные оливиновые базальты и базанитоиды нижнего вулканического интервала занимают по этому параметру некоторое промежуточное положение между вулканидами скв. 865А и 866А (Рис. 5).

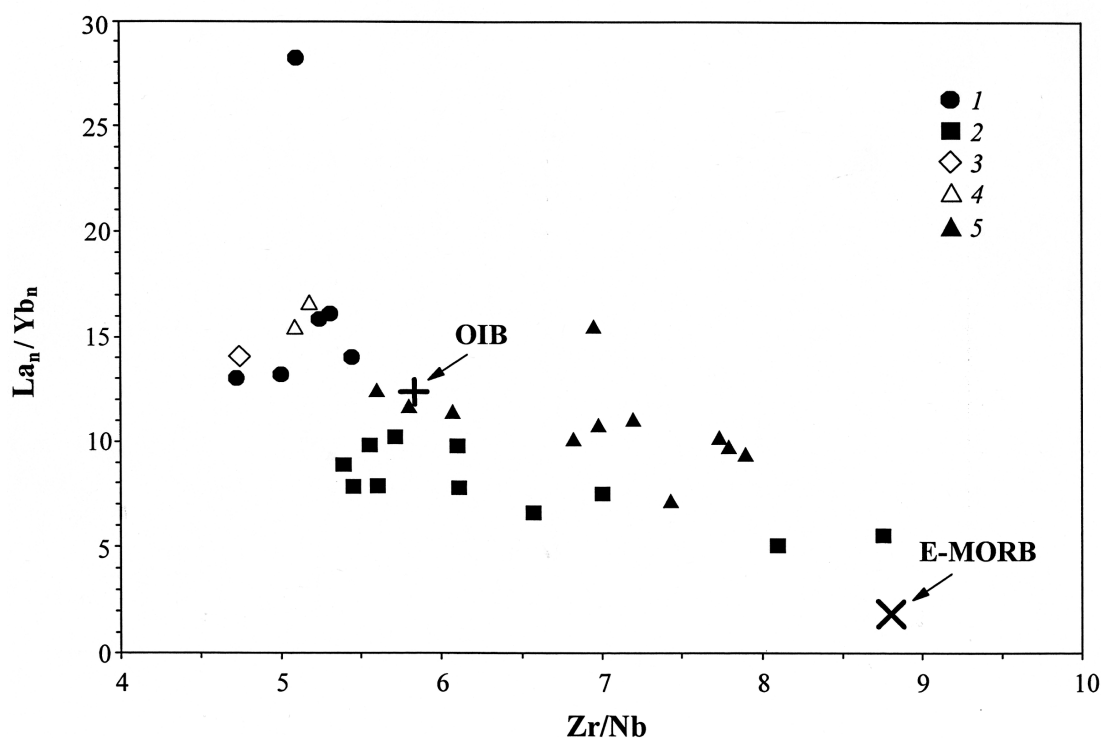
В целом, приходится констатировать, что наибольшие геохимические отличия наблюдаются у вулканических пород гайотов Аллисон (скв. 865А) и Резолюшн (скв. 866А). При этом породы фундамента гайота МИТ (скв. 878А), который расположен к западу от них на очень значительном расстоянии, обладают рядом близких геохимических характеристик как с вулканидами гайота Аллисон, так и гайота Резолюшн.

Фигуративные точки составов образцов, драгированных на гайотах провинции Маркус-Уэйк, формируют на диаграмме  $\text{Ti}/\text{Zr} - \text{Zr}/\text{Nb}$  обширные поля. Большая часть образцов из рассматриваемых скважин наиболее близка по этим параметрам к образцам, драгированным в окрестностях гор Батиса и Ван-Уикхаус. В целом для гайотов провинции Маркус-Уэйк наблюдается значительные разбросы в значениях этих отношений, что позволяет предполагать существование в этом регионе латеральных и, видимо, вертикальных неоднородностей в составе исходного мантийного субстрата и сложную длительную эволюцию магматизма, сформировавшего множество подводных гор. Не наблюдается отчетливых закономерностей между геохимическими особенностями вулканизма гайотов системы поднятий Маркус-Неккер, их географическим положением и возрастом образования. На сложное строение мантии в рассматриваемом регионе указывают и данные изотопной геохимии.

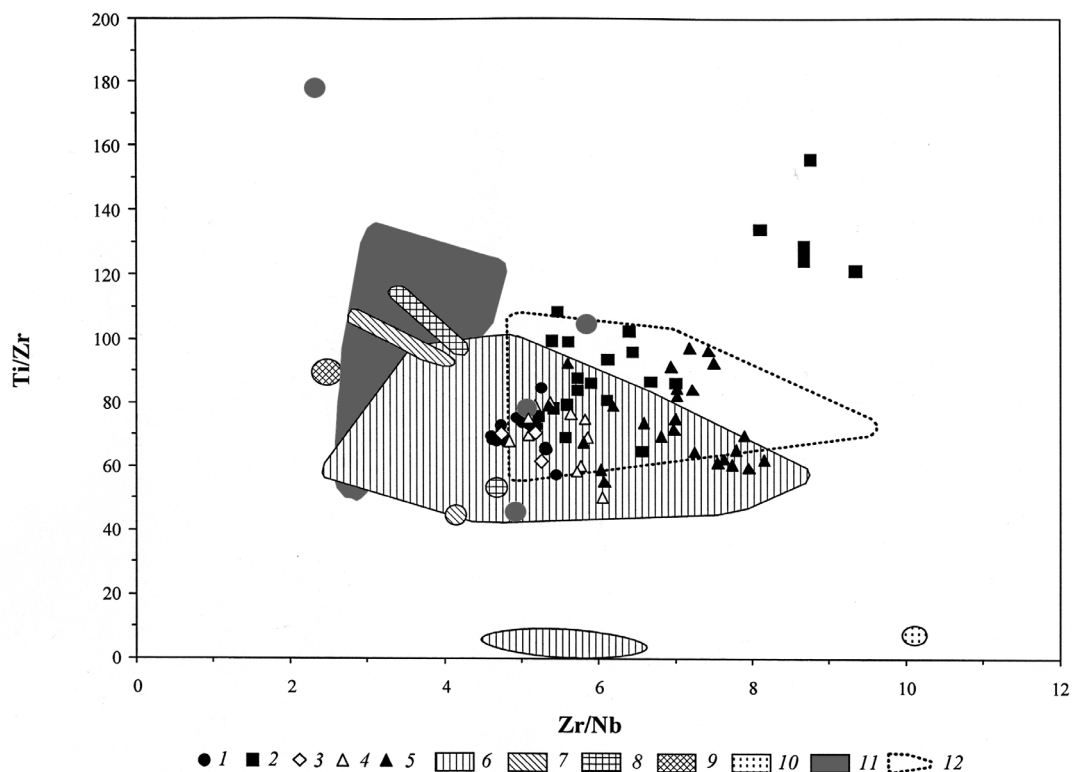
Щелочные базальты силлов из скв. 865А на гайоте Аллисон имеют одинаковые изотопные составы, отличные как от других меловых подводных гор т.н. «поднятия Дарвина», так и от базальтов срединно-океанического хребта Тихого океана (Janney, Castillo, 1999). На диаграмме зависимости отношений  $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (рис. 7) и диаграммах зависимости изотопных отношений  $\text{Pb}$  (Janney, Castillo, 1999) составы базальтов из скв. 865А ложатся в область между составами резервуаров HIMU и EM-I по терминологии Зиндлера и Харта (Zindler,



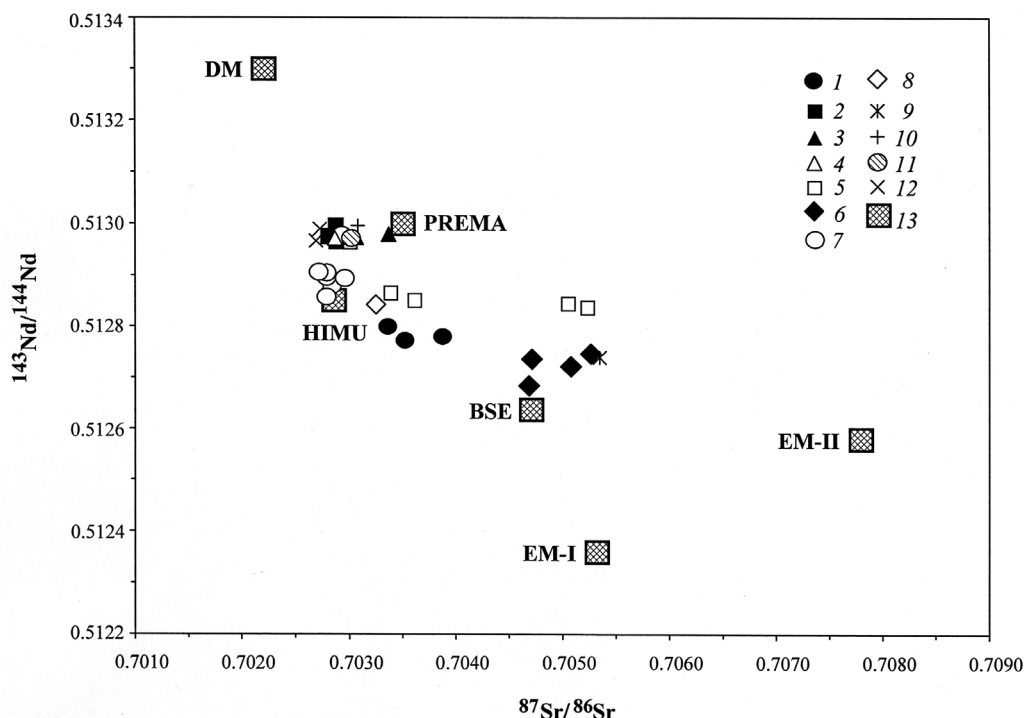
**Рис. 4.** Диаграмма  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}) - \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  для вулканических пород гайотов системы поднятий Маркус-Неккер. Фигуративные точки составов пород из скважин и поля составов драгированных вулканитов: 1 — скв. 865А (гайот Аллисон); 2 — скв. 866А (гайот Резолюшн); 3 — скв. 878А (гайот МИТ); 4 — гора Батиса; 5 — гора Мэлони; 6 — гора Майами; 7 — гора Скриппс; 8 — гора Лэдд; 9 — гора Ламонт; 10 — район горы Ван-Уикхаус. Данные химического состава пород взяты из работ (Петрологические ..., 1996; Kurnosov et al., 2008), пересчитаны на безводный остаток и приведены к 100%.



**Рис. 5.** Диаграмма зависимости  $\text{Zr}/\text{Nb}$  от  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$  в вулканических породах из скважин 865А (гайот Алиссон), 866А (гайот Резолюшн) и 878А (гайот МИТ). Фигуративные точки составов пород: 1 — скв. 865А; 2 — скв. 866А; 3 — скв. 878А (верхние потоки); 4 — скв. 878А (центральные потоки); 5 — скв. 878А (нижние потоки). При расчете  $\text{La}_n/\text{Yb}_n$  отношения использовались значения концентраций элементов, нормированные по хондриту (Sun, McDonough, 1989). Данные химического состава пород представлены в работе (Kurnosov et al., 2008). Приведены также фигуративные точки средних составов OIB и E-MORB (Sun, McDonough, 1989).



**Рис. 6.** Диаграмма зависимости  $Zr/Nb$  от  $Ti/Zr$  в вулканических породах гайотов Срединно-Тихоокеанских гор и поднятия Маркус-Уэйк. Фигуративные точки составов пород из скважин и поля составов драгированных вулканитов: 1 — скв. 865А; 2 — скв. 866А; 3 — скв. 878А (верхние потоки); 4 — скв. 878А (центральные потоки); 5 — скв. 878А (нижние потоки); 6 — гора Батиса, 7 — гора Мэлони; 8 — гора Майами; 9 — гора Скриппс; 10 — гора Лэдд; 11 — гора Ламонт; 12 — район горы Ван-Уикхаус. Данные химического состава пород, взяты из работ (Петрологические ..., 1996; Kurnosov et al., 2008).



**Рис. 7.** Изотопные составы вулканических пород гайотов системы поднятий Маркус-Неккер. Скважины ODP: 1 — скв. 865А (гайот Аллисон); 2 — скв. 866А (гайот Резолюшн); 3 — скв. 878А (гайот МИТ); драгировки: 4 — гайот МИТ; 5 — гайот Голден Драгон; 6 — гайот Хемлер; 7 — гайот Химу; 8 — гайот Мелони; 9 — гайот Уайлд; 10 — гайот Майами; 11 — гайот Ламонт; 12 — гайот Скриппс; 13 — составы предполагаемых мантийных резервуаров (Ernst, Buchan, 2003; Грачев, 2003). Для построения диаграммы использованы данные из работ (Janney, Castillo, 1999; Koppers et al., 1995, 2003; Staudigel et al., 1991).

Hart, 1986), согласно которой ЕМ-I — это один из двух типов обогащенной мантии (enriched mantle), а HIMU — мантия с высоким значением  $\mu = {}^{238}\text{U}/{}^{204}\text{Pb}$  (high- $\mu$  mantle). Отмечается относительная близость базальтов из этой скважины по данным параметрам с лавами острова Маротири, принадлежащего к Южной цепи вулканических гор (Austral seamount chain), а также с базальтами подводных гор цепи Луисвилль и архипелага Хуан-Фернандес (Janney, Castillo, 1999).

Как и в отношении ряда геохимических параметров, различие между вулканитами гайотов Аллисон (скв. 865А) и Резолюшн (скв. 866А) наблюдается и в их изотопных составах (Janney, Castillo, 1999). Особенно это заметно при сопоставлении  ${}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$  и  ${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$  отношений (рис. 7). Кроме того, отмечается, что щелочные базальты выделенных в скв. 866А геохимических групп также имеют различные показатели  ${}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb}$ , а в целом, изотопные значения для базальтов из скв. 866А ложатся на линию смещения между базальтами срединно-океанического хребта (MORB) Тихого океана и составом резервуара HIMU (Janney, Castillo, 1999). Они близки к значениям, свойственным вулканитам некоторых меловых подводных гор группы Маркус-Уэйк (Скриппс, Ламонт, Майами), а также лавам вулканической цепи, включающей в себя о. Пасхи (Janney, Castillo, 1999).

Вулканиты из скв. 878А в целом близки по изотопному составу Sr и Nd к породам, драгированным на других гайотах из группы Маркус-Уэйк (Ламонт, Скриппс, Майами). При этом изотопные составы гайота МИТ близки к лавам Маркизской «горячей точки» (Koppers et al., 1995). На диаграмме зависимости отношений  ${}^{86}\text{Sr}/{}^{87}\text{Sr} - {}^{143}\text{Nd}/{}^{144}\text{Nd}$  (рис. 7) отчетливо проявляется близость по этим параметрам вулканитов гайотов МИТ и Резолюшн.

Образцы из скважин на гайотах Аллисон, Резолюшн и МИТ отличаются по изотопным характеристикам от вулканических пород ряда других гайотов, относящихся к рассматриваемому району, которые в свою очередь обладают особенностями изотопного состава, отличающимися их друг от друга (рис. 7). Имеющиеся данные показывают, что в образовании подводных гор Западно-Тихоокеанской провинции участвовало вещество нескольких мантийных резервуаров — HIMU, ЕМ-I, ЕМ-II (Koppers et al., 1995, 2003).

Таким образом, длительный масштабный импульс внутриплитного вулканизма, сформировавший большое количество подводных гор и гайотов в западной части Центральной Пацифики, связан, по-видимому, с плавлением неоднородного мантийного субстрата. Начало формирования Срединно-Тихоокеанских под-

водных гор и поднятия Маркус-Уэйк близко по времени с образованием крупнейших подводных плато Тихого океана Онтонг-Джава, Манихики и Хесса, однако, геохимическая специфика вулканизма этих плато иная (Петрологические ..., 1996; Kurnosov et al., 2008; Mahoney et al., 1993 и др.).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотренная область дна Тихого океана обладает характерными особенностями строения, отличающими ее от других районов развития внутриплитного магматизма. От океанических плато ее отличает значительная протяженность и наличие большого количества наложенных вулканических построек. При этом ширина системы Маркус-Неккер существенно больше, чем это характерно для широко распространенных цепей подводных гор. Необычным для общего тектонического плана Тихого океана является и простирание этой системы поднятий. Несмотря на то, что мощность коры здесь несколько увеличена по сравнению с обычными показателями (~ 8 км в восточной части поднятия Срединно-Тихоокеанских гор), она существенно ниже, чем под внутриплитными хребтами или океаническими плато. Так, например, на острове Оаху (Гавайские острова) она составляет 14 км, на поднятиях Шатского и Хесса — 22 и 18 км, соответственно, а на плато Онтонг-Джава достигает 42 км (Пушаровский, Меланхолина, 1992). Вулканические горы рассматриваемого района наложены на наиболее древнюю юрскую океаническую кору, сформированную в период спокойного магнитного поля. Формирование большинства из них проходило во время, когда магнитное поле также сохраняло постоянную полярность (118-84 млн лет) (Степашко, 2006).

Вулканизм Срединно-Тихоокеанских гор и поднятия Маркус-Уэйк имеет щелочную геохимическую специфику. Щелочные породы широко проявлены среди продуктов внутриплитного магматизма островов, но обычно как представители завершающего этапа формирования поднятия. Эталонным примером этого являются Гавайские острова, где основная фаза вулканизма (свыше 95% объема излившихся лав) формирует потоки базальтов толеитового состава. В рассматриваемом же районе щелочные базальтоиды занимают абсолютно доминирующее положение. Наблюдаемые в них широкие вариации значений ряда геохимических коэффициентов, концентраций и отношений элементов, позволяют предполагать значительные латеральные и (или) вертикальные неоднородности в составе мантийного субстрата. При этом в составах пород отражены и процессы дифференциации расплавов.



Результаты исследований строения и магматизма гайотов поднятия Маркус-Уэйк позволяют предполагать неоднократную тектоно-магматическую активизацию данной территории, последний этап которой был в миоцене (Гайоты ..., 1995; Smoot, 1989). В частности, к образованиям миоцена предположительно относят практически не измененные фонолиты, поднятые при драгировании гайота Батиса (Гайоты ..., 1995), но на этот счет нет единого мнения (Невретдинов и др., 2003).

Образование пород анкарамит-трахибазальтовой ассоциации подводных гор Маркус-Уэйк и Срединно-Тихоокеанских гор И.Н. Говоров с соавторами (Петрологические ..., 1996) связывают с плавлением двух разных материнских субстратов — вещества глубинного плюма и мегаблока древней протокры, погруженного в основание литосферы и имеющего в своем составе фрагменты древних расслоенных массивов. Подобная схема требует наличия неподвижных древних устойчивых областей в тихоокеанской литосфере.

Система поднятий Маркус-Неккер является лишь частью более обширной провинции Западно-Тихоокеанских подводных гор (West Pacific Seamount Province), куда входят все подводные горы мелового возраста, расположенные в западной части Тихого океана. Географически они обычно группируются в несколько вулканических цепей, различной протяженности и ориентировки (Магеллановы горы, Маршалловы острова, хребет Гилберта и др.).

Формирование подводных гор Западно-Тихоокеанской провинции территориально связывают с обширной областью дна океана, где в настоящее время расположены цепи вулканических гор Французской Полинезии. На этой территории выделяют несколько горячих точек, являющихся составными частями Южно-Тихоокеанского суперплюма (Staudigel et al., 1991). Мантия под этим регионом характеризуется высокими значениями температуры (ЮТИТА). Составы базальтов показывают здесь широкий разброс значений изотопных отношений Sr, Nd и Pb, располагаясь между 3-мя основными глобальными мантийными резервуарами — НІМУ, ЕМ-I и ЕМ-II (Koppers et al., 1995; Staudigel et al., 1991).

Изотопные составы базальтов провинции Западно-Тихоокеанских подводных гор широко варьируют и указывают на участие в их образовании мантийных резервуаров НІМУ, ЕМ-I и ЕМ-II (Koppers et al., 1995, 2003). Вулканические породы, полученные при бурении меловых гайотов Лимокок, Ло-Ен и Водеджебато (Маршалловы острова) и гайотов МИТ, Аллисон и Резолюшн по ряду геохимических параметров

близки к составам базальтов подводных гор, расположенных в пределах ЮТИТА (Koppers et al., 1995). Необходимо отметить широкое геохимическое разнообразие, свойственное как одной, так и другой провинции (Konter et al., 2008; Koppers et al., 1995, 2003).

Согласно возрастам вулканитов и модельным построениям движения Тихоокеанской плиты, магматическая активность гайотов Аллисон и Резолюшн началась предположительно в области ЮТИТА вблизи сегодняшнего расположения островов Питкэрн и Пасхи (Pringle, Duncan, 1995a), а гайота МИТ около 122 млн лет назад вблизи места современного расположения горячей точки «Таити» (Koppers et al., 1995).

Таким образом, определенное геохимическое сходство этих магматических провинций, а также результаты моделирования движения Тихоокеанской плиты, позволили многим исследователям предполагать, что образование меловых подводных гор Западной Пацифики является результатом действия суперплюма, локализованного в области развития современной ЮТИТА. Затем эти горы переместились в область своего сегодняшнего расположения. При этом движение плиты происходило по достаточно прихотливой траектории (Janney, Castillo, 1999).

В то же время отмечается, что если в целом наблюдается сходство отдельных геолого-геохимических характеристик этих провинций, то эволюция выделяемых горячих точек и связь с ними конкретных гайотов выглядит гораздо более сложной и неоднозначной (Koppers et al., 1995).

Попытки связать определенные закономерности распределения в пространстве разновозрастных подводных гор с идеей о горячих точках приводят к выделению нескольких относительно коротких, разнонаправленных «следов» этих точек, выраженных в виде цепочек вулканов (Koppers et al., 2003). При таком подходе модель авторами существенно модифицируется. Речь уже идет о короткоживущих горячих точках или прерывающих свою деятельность на длительный промежуток времени, а затем опять ее возобновляющих. При этом «следы» подобных точек, ответственных за формирование поднятия Маркус-Уэйк, имеют совершенно иное простирание по сравнению с большинством других вулканических цепей данного региона.

Непростую картину полосовых палеомагнитных аномалий, наблюдаемую в области распространения Западно-Тихоокеанских подводных гор (Janney, Castillo, 1996) и пространственное распределение разновозрастных гайотов этой провинции трудно объяснить про-

стой моделью взаимодействия горячей точки и движущейся плиты. Предлагаются и иные модели формирования как отдельных групп подводных гор, расположенных в этом регионе, так и всего региона в целом. Основной упор в них делается на выявление связи вулканизма с разломными зонами и поиск возможных причин образования этих зон. В частности для объяснения имеющихся фактов рассматривается возможность привлечения модели т.н. литосферного будинажа (Степашко, 2006; Sandwell et al., 1995). В другом случае для объяснения образования цепей подводных гор предлагается модель развития складчатых деформаций на океанической коре и образования широтных антиклиналей в области меридионального сжатия. Предполагается, что образующиеся при этом системы диагональных сдвигов контролируют расположение гайотов (Уткин и др., 2006). Приводятся доводы в пользу применения принципов модели мембранной тектоники (Turcotte, Oxburgh, 1973) к объяснению особенностей расположения, строения и времени формирования подводных гор и островов Западно-Тихоокеанской провинции и Французской Полинезии (Седов и др., 2005).

В публикациях Н. Смута (Smoot, 1989, 1999) на основании данных батиметрии и спутниковой альтиметрии в Тихом океане отчетливо выделяется закономерная сеть линейных структур (цепи подводных гор и островов, глубокие долины и трог) СЗ-ЮВ и субширотного простирания, проявленная на разных масштабных уровнях. В ряде случаев наблюдается сопряженность разломных зон и цепей вулканических поднятий. Закономерное изменение возраста вулканизма вдоль простирания линейной внутриплитной структуры, постулированная гипотезой «горячих точек», соблюдается далеко не везде. При этом наблюдается частая приуроченность вулканических построек к местам пресечения разломных зон. Подобная приуроченность свойственна и поднятиям Маркус-Уэйк и Срединно-Тихоокеанских гор. В пределах этих поднятий преобладает субширотное простирание разрывных нарушений. Выявляются также разломы СЗ и СВ простираний (Гайоты..., 1995; Седов и др., 2005; Smoot, 1989). Влияние разломной тектоники отражено также в морфологии отдельных гор и гайотов (Гайоты..., 1995; Уткин и др., 2006; Smoot, 1989, 1999).

Работы по поиску закономерностей в положении и ориентации разломов и других линейных структур, выраженных в рельефе материков и океанов, выявили четыре главных закономерно ориентированных систем подобных структур: субширотную, субмеридиональную и диагональные СВ и ЮВ простираний. Предполагается, что их образование связано с

различными аспектами вращения Земли (Анохин, 2006; Долицкий, 1985).

Таким образом, идея о связи внутриплитного магматизма (по крайней мере, отдельных его проявлений) с ослабленными разломными зонами на океанической коре, представляется вполне убедительной. Предположение о возникновении вулканических построек на «острие» постепенно раскрывающегося разлома высказано давно и продолжает оставаться основной альтернативой концепции мантийных плюмов (Пучков, 2009).

С другой стороны, широкий спектр имеющихся геохимических фактов указывает на существование как вертикальной, так и латеральной вещественной неоднородности верхней мантии под океанами (Пейве, 2002; Пушаровский, Пейве, 1987).

В этой связи, образование разломных зон на океанической коре, провоцирующих плавление геохимически неоднородного верхнемантийного вещества, не противоречит данным о строении и характере вулканизма гайотов провинции Маркус-Неккер. Поскольку мы имеем дело с очень масштабным и длительным импульсом вулканизма щелочного состава, то такое объяснение представляется, на взгляд автора статьи, наиболее вероятным. Возможность связи образования геохимически разнообразных магм с малыми степенями плавления единого мантийного источника или только с процессами дифференциации расплава в данном случае, не выглядит достаточно убедительной.

Для начала процесса плавления вещества на глубине необходимо наличие как минимум одного из трех факторов: повышения температуры, сброса давления или наличия достаточного количества флюидной фазы определенного состава. Образование разломных зон, очевидно, способно привести к сбросу давления и спровоцировать декомпрессионное плавление верхнемантийного субстрата. Возможное присутствие в этих областях глубинных высокотемпературных флюидных потоков может способствовать масштабному плавлению вещества. В данном случае, говорить, по-видимому, нужно преимущественно о глубинных потоках водорода (Ларин, 1980; Летников, 1999, 2001; Маракушев и др., 2005). Предполагать связь вулканизма с активизацией процессов на границе внешнего ядра и нижней мантии, выраженных в форме прорывов высокоэнергетических газов (водорода) в виде струй в мантию, по мнению А.А. Маракушева с соавторами (Маракушев и др., 2005), позволяют данные сейсмической томографии и петролого-геохимические исследования тектоно-магматических структур Французской Полинезии. В работе (Гуфельд, 2012) предлагается рассматривать плюм как локализованную

зону интенсивной водородной дегазации. Более того, указывается, что на процессы деструкции земной коры и формирования в ней зон трещиноватости сильное влияние может оказывать реакция среды на взаимодействие с восходящими потоками водорода и гелия. Однако, с другой стороны, приводятся доводы, указывающие на невозможность существования автономных глубинных флюидных потоков, не связанных с поднимающимся веществом или расплавом (Поляк, 1988). Представляется, что проблема выявления глубинных флюидных потоков и их влияния на магматические процессы в верхних оболочках Земли требует самого пристального внимания.

Как уже отмечалось, в строении западно-тихоокеанских гайотов, составе и мощностях их осадочных толщ отражены признаки значительного ( $\geq 2$  км) масштабного погружения всей системы поднятий начиная с позднего мела (Хаин, 2001). Погружение разных участков океанского дна не было синхронным и одинаково интенсивным (Хворова, 1993). Наличие террас в морфологии отдельных гайотов позволяет предполагать их неоднократное поднятие и опускание (Гайоты ..., 1995). Модель постепенного погружения подводных гор по мере их удаления от горячей точки (Grigg, 1997) в данном случае не выглядит бесспорной. Предлагаются другие схемы (Уткин и др., 2006; Hiller, 2007), но вопрос насколько подобные модели, способны объяснить многочисленные особенности морфологии и геологического строения большого количества конкретных подводных гор и всей системы внутриплитных поднятий запада Тихого океана требует дальнейшего комплексного анализа.

Таким образом, становится все более очевидным, что не удастся одним универсальным механизмом в рамках концепции горячих точек объяснить структурное и вещественное разнообразие многочисленных внутриплитных поднятий в океане и, в частности, формирование провинции Западно-Тихоокеанских подводных гор.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты изучения вулканических пород гайотов, расположенных в пределах системы поднятий Маркус-Неккер, свидетельствуют о щелочной специфике внутриплитного вулканизма данной провинции. В отличие от большинства других внутриплитных поднятий Мирового океана, таких как Гавайско-Императорская цепь, здесь практически не встречены породы толеитового состава. В отдельных случаях у магматических серий проявлен калиевый уклон в содержании щелочей, в целом, не свойственный вулканитам океанского дна.

Вулканические породы гайотов Аллисон, Резолюшн и МИТ, вскрытые скважинами глубоководного бурения, обладают рядом геохимических характеристик, отличающими их друг от друга. Значения отношений некогерентных элементов и изотопные данные указывают на различные составы первичных расплавов, формировавшие породы этих и других драгированных гайотов. Сравнение особенностей геохимии вулканизма гайотов, расположенных в различных частях протяженной системы внутриплитных поднятий Маркус-Неккер позволяет предполагать существование в этом регионе сложной картины латеральной и (или) вертикальной мантийной неоднородности.

Отчетливых закономерностей между составом вулканических пород гайотов, временем их формирования и (или) географическим положением в пределах структуры Маркус-Неккер выявить не удалось. Это создаёт трудности при применении модели горячих точек для объяснения образования этой обширной магматической провинции. Осложняет ее применение также существование в данном районе Тихого океана разнонаправленных систем полосовых магнитных аномалий.

Наблюдаемые особенности строения всей системы поднятий Маркус-Неккер, отдельных ее частей и даже конкретных гайотов позволяет предполагать значительное влияние тектонического фактора на их формирование. Положение вулканических подводных гор в пределах системы поднятий Маркус-Неккер и самой этой системы в структуре дна Тихого океана, в целом, не противоречит схеме образования закономерной сети разломных зон, способных инициировать плавление геохимически неоднородного верхнемантийного субстрата. Способствовать масштабному плавлению вещества могут глубинные флюидные потоки.

Таким образом, можно полагать, что возможное сочетание этих факторов (образование разломных зон, наличие мантийной неоднородности и потоков глубинных флюидов) и привело к формированию гайотов в этом районе Тихого океана.

## Список литературы

- Анохин В.М.* Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. С-Пб.: Недра, 2006. 161 с.
- Артамонов А.В., Золотарев Б.П.* Петрология и геохимия базальтов внутриплитных поднятий Индийского океана и некоторые аспекты вертикальной аккреции океанической коры / Вертикальная аккреция Земной коры: фак-

- торы и механизмы. Отв. ред. Леонов М.Г. Тр. ГИН РАН. Вып. 542. М.: Наука, 2002. С. 279–323.
- Артамонов А.В., Золотарев Б.П.* Вулканизм плато Кергелен (Индийский океан): состав, эволюция, источники // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 4. С. 425–448.
- Артамонов А.В., Золотарев Б.П.* Тектоника и магматизм внутриплитных океанических поднятий и гипотеза «горячих точек» // Геотектоника. 2008. № 1. С. 77–96.
- Васильев Б.И.* Геологическое строение и происхождение Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2009. 560 с.
- Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность / Отв. ред. Говоров И.Н. и Батулин Г.Н. М.: Наука, 1995. 368 с.
- Голубева Э.Д.* Эволюция магматизма Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2009. 132 с.
- Грачев А.Ф.* Идентификация мантийных плюмов на основе изучения вещественного состава вулканитов и их изотопно-геохимических характеристик // Петрология. 2003. Т. 11. № 6. С. 618–654.
- Гуфельд И.Л.* Геологические следствия, аморфизация структуры литосферы и верхней мантии, вызванные водородной дегазацией // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2012. V. 3. № 4. Р. 417–435.
- Долицкий А.В.* Образование и перестройка тектонических структур. М.: Недра, 1985. 219 с.
- Кашинцев Г.Л., Непрочнов Ю.П., Гринько Б.Н.* Генезис и эволюция Восточно-Индийского хребта // Океанология. 2000. Т. 40. № 6. С. 901–906.
- Кашинцев Г.Л.* Аспекты магматизма Восточно-Индийского хребта // Океанология. 2001. Т. 41. № 3. С. 431–436.
- Красный Л.И.* О великом тихоокеанском георазделе // ДАН. 1978. Т. 242. № 1. С. 1148–1151.
- Ларин В.Н.* Гипотеза изначально гидридной Земли. М.: Недра, 1980. 216 с.
- Летников Ф.А.* Флюидные фации континентальной литосферы / Смирновский сборник-99. М.: ВИНТИ, 1999. С. 63–98.
- Летников Ф.А.* Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геология рудных месторождений. 2001. Т. 43. № 4. С. 291–307.
- Мазарович А.О.* Геологическое строение Центральной Атлантики: разломы, вулканические сооружения и деформации океанского дна. Тр. ГИН РАН. Вып. 530. М.: Научный мир, 2000. 176 с.
- Мазарович А.О.* Строение дна Мирового океана и окраинных морей России: Учебное пособие. М.: ГЕОС, 2006. 192 с.
- Маракушев А.А., Моисеенко В.Г., Сахно В.Г., Тарарин И.А.* Рудно-петрологические комплексы Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 296 с.
- Менард Г.У.* Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. 273 с.
- Невретдинов Э.Б., Невретдинов Эр.Б., Рашидов В.А.* Фонолиты гайота Батиса (подводная горная провинция Маркус-Уэйк) // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 31–35.
- Непрочнов Ю.П., Мерлин Л.Р., Шрейдер А.А. и др.* Строение Восточно-Индийского хребта по данным комплексных геофизических исследований // Океанология. 1979. № 4. С. 644–657.
- Новая глобальная тектоника (тектоника плит). Сб. статей. М.: Мир, 1974. 472 с.
- Пейве А.А.* Структурно-вещественные неоднородности, магматизм и геодинамические особенности Атлантического океана. Тр. ГИН РАН. Вып. 548. М.: Научный мир, 2002. 278 с.
- Петрологические провинции Тихого океана / Отв. ред. Пушаровский Ю.М. и Говоров И.Н. М.: Наука, 1996. 444 с.
- Поляк Б.Г.* Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. М.: Наука, 1988. 192 с.
- Пучков В.Н.* «Великая дискуссия» о плюмах: так кто же все-таки прав? // Геотектоника. 2009. № 1. С. 3–22.
- Пушаровский Ю.М.* Тектоника Индийского океана // Геотектоника. 1995. № 4. С. 73–91.
- Пушаровский Ю.М., Пейве А.А.* Базальты океана и проблемы гетерогенности мантии (общий обзор) // Твердая кора океанов (проект «Литос»). Тр. ГИН РАН. Вып. 414. М.: Наука, 1987. С. 5–19.
- Пушаровский Ю.М., Меланхолина Е.Н.* Тектоническое развитие Земли. Тихий океан и его обрамление. М.: Наука, 1992. 263 с.
- Седов А.П., Матвеев В.В., Волокитина Л.П. и др.* Качественная модель формирования цепей подводных гор // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2005. № 5. С. 24–43.
- Степанко А.А.* Особенности меловой динамики Тихоокеанской плиты и этапы магматической активности на северо-востоке Азии // Геотектоника. 2006. № 3. С. 70–81.
- Удинцев Г.Б., Коренева Е.В.* Происхождение асейсмичных хребтов восточной части Индийского океана // Геотектоника. 1980. № 6. С. 13–21.
- Удинцев Г.Б.* Рельеф и строение дна океанов. М.: Недра, 1987. 239 с.
- Уткин В.П., Ханчук А.И., Михайлик Е.В., Хершберг Л.Б.* Структурно-динамические условия формирования гайотов Магеллановых гор (Тихий океан) // Тихоокеанская геология. 2006. Т. 25. № 2. С. 3–14.



- Хаун В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
- Хворова И.В. Два типа тихоокеанских талассогенов и их осадочные образования. Тр. ГИН РАН. Вып. 490. М.: Наука, 1993. 91 с.
- A classification of igneous rocks and glossary of term / Ed. Le Maitre R.W. Blackwell. Oxford. 1989. 193 p.
- Baker P.E., Castillo P.R., Condliffe E. Petrology and geochemistry of igneous rocks from Allison and Resolution guyots, Sites 865 and 866 // Eds. Winterer E.L., Sager W.W., Firth J.V., Sinton J.M. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 143. P. 245–261.
- Christie D.M., Dieu J.J., Gee J.S. Petrologic studies of basement lavas from northwest Pacific guyot // Eds. Haggerty J.A., Premoli Silva I., Rack F., McNutt M.K. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 144. P. 495–512.
- Clouard V., Bonneville A. Age of seamounts, islands, and plateaus on the Pacific plate // Plates, plumes and paradigms. Eds. Foulger G.R., Natland J.M., Presnal D.C., Anderson D.L. Geological Society of America Special Paper, 2005. V. 388. P. 71–90.
- Courtillot V., Davaille A., Besse J., Stock J. Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle // Earth and Planetary Science Letters. 2003. V. 205. № 3–4. P. 295–308.
- Ernst R.E., Buchan K.L. Recognizing mantle plumes in the geological record // Annual Review of Earth and Planetary Science. 2003. V. 31. P. 469–523.
- Grigg R.W. Paleooceanography of coral reefs in the Hawaiian-Emperor chain – revisited // Coral Reefs. 1997. V. 16. P. 535–538.
- Haggerty J.A., Premoli Silva I., Rack F., McNutt M.K. Eds. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program) 1995. V. 144. 1059 p.
- Hess H.H. Drowned ancient islands of the Pacific Basin // American Journal of Science. 1946. V. 244. № II. P. 772–791.
- Hiller J.K. Pacific seamounts volcanism in space and time // Geophysical Journal International. 2007. V. 168. № 2. P. 877–889.
- Janney P.E., Castillo P.R. Basalts from the Central Pacific Basin: Evidence for the origin of Cretaceous igneous complex in the Jurassic western Pacific // JGR. 1996. V. 101. № B2. P. 2875–2893.
- Janney P.E., Castillo P.R. Isotope geochemistry of the Darwin Rise seamounts and nature of long-term mantle dynamics beneath the south central Pacific // JGR. 1999. V. 104. № B5. P. 10571–10589.
- Konter J.G., Hanan B.B., Blichert-Toft J. et al. One hundred million years of mantle geochemical history suggest the retiring of mantle plumes is premature // Earth and Planetary Science Letters. 2008. V. 275. № 3–4. P. 285–295.
- Koppers A.A.P., Staudigel H., Christie D.M. et al. Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Leg 144 west Pacific guyots: Implications for the geochemical evolution of the «SOPITA» mantle anomaly // Eds. Haggerty J.A., Premoli Silva I., Rack F., McNutt M.K. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 144. P. 535–545.
- Koppers A.A.P., Staudigel H., Pringle M.S., Wijbrans J.R. Short-lived and discontinuous intraplate volcanism in the South Pacific: Hot spots or extensional volcanism? // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2003. V. 4. № 10. P. 1–49. doi: 10.1029/2003GC000533
- Kurnosov V., Zolotarev B., Eroshchev-Shak V. et al. Alteration of basalts from the West Pacific Guyots, Legs 143 and 144 // Eds. Haggerty J.A., Premoli Silva I., Rack F., McNutt M.K. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 144. P. 475–491.
- Kurnosov V.B., Zolotarev B.P., Artamonov A.V. et al. Technical Note: Alteration effects in the upper oceanic crust – data and comments. Transact. GIN. V. 581. Moscow: GEOS. 2008. 1046 p. [CD-ROM].
- Larson R.L. Latest pulse of Earth: evidence for a mid-Cretaceous superplume // Geology. 1991. V. 19. № 6. P. 547–550.
- Macdonald G. A. Composition and origin of Hawaiian lavas // The Geological Society of America Memoir. V. 116. Eds. Coats R.R., Hay R.L., Anderson C.A. 1968. C. 477–522.
- Mahoney J.J., Storey M., Duncan R.A. et al. Geochemistry and geochronology of Leg 130 basement lavas: nature and origin of the Ontong Java Plateau // Eds. Berger W.H., Kroenke L.W., Mayer L.A. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1993. V. 130, P. 3–22.
- Morgan W.J. Convection plumes in the lower mantle // Nature. 1971. V. 230. № 5288. P. 42–43.
- Premoli Silva, I., Haggerty J., Rack F. et al. Proc. ODP, Init. Repts. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1993. V. 144. 1084 p.
- Pringle M.S., Duncan R.A. Radiometric ages of basaltic lavas recovered at Sites 865, 866, and 869 // Eds. Winterer E.L., Sager W.W., Firth J.V., Sinton J.M. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995a. V. 143. P. 277–283.
- Pringle M.S., Duncan R.A. Radiometric ages of basement lavas recorded at Lo-En, Wodejebato, MIT, and Takuyo-Daisan // Eds. Haggerty J.A., Premoli Silva I., Rack F., McNutt M.K. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1995b. V. 144. P. 547–557.
- Sandwell D.T., Winterer E.L., Mammerickx J. Evidence for diffuse extension of the Pacific plate from

- Pukapuka ridges and cross-grain gravity lineation // JGR. 1995. V. 100. № B8. P. 15087–15099.
- Sager W.W., Winterer E.L., Firth J.V. et al. Proc. ODP, Init. Repts. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 1993. V. 143. 724 p.
- Shipboard Scientific Party. Leg 197 summary // Eds. Tarduno J.A., Duncan R.A., Scholl D.W. Proc. ODP, Init. Repts. College Station, TX (Ocean Drilling Program). 2002. V. 197. P. 1–92.
- Smoot N.C. The Marcus-Wake seamounts and guyots as paleo-fracture indicators and their relation to the Dutton Ridge // Marine Geology. 1989. V. 88. № 1–2. P. 117–131.
- Smoot N.C. Orthogonal intersections of megatrends in the Western Pacific ocean basin: a case study of the Mid-Pacific mountains // Geomorphology. 1999. V. 30. № 4. P. 323–356.
- Staudigel H., Park K.-H., Pringle M.S. et al. The longevity of the South Pacific isotopic and thermal anomaly // Earth and Planetary Science Letters. 1991. V. 102. № 1. P. 24–44.
- Sun S.-s., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the Ocean Basins / Eds. Saunders A. D., Norry M. J. Geological Society Special Publications. London. 1989. V. 42. P. 313–345.
- Turcotte D.L., Oxburgh E.R. Mid-plate tectonics // Nature. 1973. V. 244. № 5415. P. 337–339.
- Van Waasbergen R.J. Sediment facies and environments of deposition on cretaceous Pacific carbonate platforms: an overview of dredged rocks from western Pacific guyots // Eds. Winterer E.L., Sager W.W., Firth J.V., Sinton J.M. Proc. ODP, Sci. Results. College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 143. P. 471–493.
- Wilson J.T. A possible origin of the Hawaiian Islands // Canadian Journal of Physics. 1963. V. 41. № 6. P. 863–870.
- Winterer E.L., Sager W.W., Firth J.V., Sinton J.M. Eds. Proc. ODP, Sci. Results College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1995. V. 143. 629 p.
- Zindler A., Hart S. Chemical geodynamics // Annual Review of Earth and Planetary Science. 1986. V. 14. P. 493–571.

## STRUCTURAL FEATURES AND MAGMATIC ACTIVITY OF MARCUS-NECKER SEAMOUNTS (PACIFIC OCEAN)

A.V. Artamonov

*Geological Institute RAS, 119017 Moscow, Pyzhevsky per., 7, e-mail: anvlad970@mail.ru*

The paper presents geological and geochemical characteristics of Cretaceous guyots of Marcus-Necker intraplate rise in the Pacific Ocean. Comparison of guyots located in different parts of the extended system revealed significant differences in their geochemical characteristics, which suggest lateral and (or) vertical mantle heterogeneity in the region. The studied volcanic rocks belong to the alkaline series. In some cases, they exhibit low values of  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ . This volcanism is not typical for most of intraplate ocean rises. No consistency is observed between volcanic rock composition of guyots, their age and (or) geographic position. A complex pattern of magnetic anomaly lineations and irregular location of seamounts of different age cause difficulties in applying hot spot model to explain the formation of this intraplate magmatic province. The location of seamounts in the structure of the rise system and the entire system in the structure of the Pacific Ocean does not contradict the formation of fault zones, which initiate melting of upper mantle geochemically inhomogeneous substrate and lead to the formation of intraplate rises. Deep fluid flows may cause a large-scale melting of the upper mantle.

*Keywords: guyots, volcanism, mantle plumes, faults, fluids.*